

ляев// Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2006. №12. С. 27-35.

12. *Моделирование* нагружения и формообразования осесимметричного парашюта при раскрытии / В.И. Морозов, А.Т. Пономарев, Ф.Г. Герасимато, В.А. Андросенков // Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2007. №11. С. 35-43.

13. *Медико-технические аспекты* в концепции системы коллективного спасения пассажиров и экипажей самолетов / Г.П. Ступаков, В.И. Морозов, В.В. Ефанов. Е.Н. Кузин// Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2001. №12. С. 56-58.

14. *Коллективное* спасение пассажиров и экипажа самолета. Особенности определения размерности и компоновки самолета / М.Ю. Куприков, В.В. Малышев, А.М. Матвиенко // Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2002. №9. С. 24-29.

15. *Окупаются ли* спасение? / М.Г. Акопов, В.В. Андреевский, Ефанов В.В., Кузин В.Н., Морозов В.И. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2001. №12. С. 52-55.

УДК 539.3

О. М. Чемерис

ПОПЕРЕЧНІ КОЛИВАННЯ СТРИЖНІВ З ПРУЖНИМИ ОПОРАМИ

Вступ

Формули для визначення частот і форм коливань стрижнів, які використовують в елементах літальних апаратів приведені в [1]. Там же приведені дані для розрахунків частот коливань консольних стрижнів з пружними опорами відносно кута повороту. В довіднику [2] приведені дані для розрахунків частот і форм двохопорного стрижня з однією шарнірною, а іншою пружною кутовою опорою. В [3] приведена методика розрахунку на стійкість стрижня з пружними опорами по відношенню до кута повороту. В конструкції літака стрингери крила та фюзеляжу можна розглядати як стрижні, що пружно кріпляться до нервюр чи шпангоутів. Розглянемо таку задачу по визначенні частот і форм коливань стрижнів з двома пружними

опорами відносно кутів повороту опорами методом початкових параметрів [4], [5].

Постановка задачі

Нехай стрижень має довжину l , згінну жорсткість EI та погонну масу m . Введемо також позначення

$$\beta = kl, \quad k^2 = \omega \sqrt{\frac{m}{EI}},$$

$$\zeta = \frac{x}{l} (0 \leq x \leq l)$$

де β, ω – частотний параметр і кругова частота коливань.

Нехай y_0, φ_0, M_0, Q_0 відповідно лінійне і кутове переміщення, момент та поперечна сила на початку стрижня, а $\varphi(\beta)$ – величина кута повороту стрижня при $\zeta=1$. За методом початкових параметрів [5] переміщення запишемо в такому вигляді

$$y(\zeta) = y_0 A_\zeta + \frac{\varphi_0}{k} B_\zeta + \frac{M_0}{EI k^2} C_\zeta + \frac{Q_0}{EI k^3} D_\zeta; \quad (1)$$

де $A_\zeta = 0.5(ch\beta\zeta + sh\beta\zeta)$,

$$B_\zeta = 0.5(sh\beta\zeta + \sin\beta\zeta),$$

$$C_\zeta = 0.5ch\beta\zeta - \cos\beta\zeta,$$

$$D_\zeta = 0.5(sh\beta\zeta - \sin\beta\zeta).$$

З умови $y_0 = 0, \varphi_0 = \frac{M_0}{\varepsilon_1}, \varphi(1) = \frac{M(\beta)}{\varepsilon_2}, y(1) = 0$ знаходимо частотне рівняння

$$\beta^2(\varepsilon + \eta)(B_1 C_1 - A_1 D_1) + \beta \eta \varepsilon (C_1^2 - B_1 D_1) + \beta^3 (B_1^2 - D_1^2) = 0, \quad (2)$$

де $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – коефіцієнти жорсткості торцевих опор, $\varepsilon = \frac{\varepsilon_1 l}{EI}, \eta = \frac{\varepsilon_2 l}{EI}$ – відносні коефіцієнти жорсткості пружних опор.

Форму коливань стрижня запишемо в такому вигляді

$$y(\zeta) = B_\zeta + \frac{\varepsilon}{\beta} C_\zeta - \frac{D_\zeta}{D_1} (B_1 + \frac{\varepsilon}{\beta} C_1), \quad (3)$$

де $B_1 = B(\beta), C_1 = C(\beta)$.

Рішення рівняння (2) для частотного параметра β при різних характеристиках відносної жорсткості ε, η приведено в табл. 1.

Таблиця 1

	0	0.5	1	5	10	50	∞
0	3.142 6.283 9.425	3.214 6.321 9.451	3.273 6.356 9.475	3.534 6.553 9.628	3.665 6.687 9.752	3.855 6.974 10.044	3.926 7.068 10.2
0.5	3.214 6.231 9.451	3.284 6.359 9.476	3.342 6.393 9.5	3.598 6.588 9.653	3.727 6.722 9.776	3.917 6.981 10.068	3.988 7.102 10.233
1	3.273 6.356 9.475	3.342 6.393 9.5	3.399 6.424 9.524	3.652 6.621 9.676	3.781 6.754 9.799	3.97 7.013 10.091	4.041 7.133 10.256
5	3.534 6.553 9.628	3.598 6.588 9.653	3.652 6.621 9.676	3.897 6.808 9.825	4.026 6.938 9.946	4.219 7.195 10.236	4.289 7.31 10.391
10	3.665 6.687 9.752	3.727 6.722 9.776	3.781 6.754 9.799	4.026 6.938 9.946	4.156 7.068 10.066	4.354 7.326 10.355	4.426 7.443 10.51
50	3.855 6.947 10.044	3.917 6.981 10.068	3.97 7.013 10.091	4.219 7.195 10.236	4.354 7.326 10.355	4.563 7.591 10.648	4.645 7.719 10.724
∞	3.926 7.068 10.2	3.988 7.102 10.233	4.041 7.133 10.256	4.289 7.31 10.391	4.426 7.443 10.51	4.645 7.719 10.724	4.73 7.85 11.

В табл. 2 приведені характеристики жорсткості пружних опор і відповідні частотні параметри β , для яких в табл. 3 приведені перші три форми коливань ,що визначені по формулі (3).

Таблиця 2.

ε/η	1/1	5/5	10/10	50/50	1/10	5/10	10/50
β	3.399 6.427 9.524	3.807 6.808 9.825	4.156 7.068 10.066	4.563 7.591 10.648	3.781 6.754 9.799	4.026 6.938 9.946	4.354 7.326 10.355

Таблиця 3.

0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.291	0.569	0.798	0.948	1	0.948	0.798	0.569	0.291
0.596	0.987	1	0.62	0	-0.62	-1	-0.987	0.596
0.805	0.968	0.331	-0.58	-1	-0.58	0.331	0.968	0.805
0.243	0.519	0.768	0.939	1	0.939	0.768	0.519	0.243
0.532	0.947	1	0.64	0	-0.64	-1	-0.947	-0.532
0.772	1	0.391	-0.55	-1	-0.55	0.391	1	0.772

0.21	0.486	0.748	0.933	1	0.933	0.748	0.486	0.21
0.482	0.916	1	0.65	0	-0.65	-1	-0.192	-0.482
0.724	1	0.429	-0.51	-1	-0.51	0.429	1	0.724
0.148	0.421	0.709	0.92	1	0.92	0.709	0.421	0.148
0.368	0.844	1	0.67	0	-0.67	-1	-0.84	-0.368
0.596	1	0.519	-0.45	-0.9	-0.45	0.519	1	0.596
0.323	0.625	0.858	0.989	1	0.894	0.694	0.44	0.187
0.576	0.929	0.888	0.462	-0.2	-0.74	-1	-0.87	-0.447
0.787	0.91	0.24	-0.64	-0.9	-0.41	0.499	1	0.699
0.253	0.539	0.79	0.955	1	0.918	0.727	0.468	0.201
0.528	0.93	0.959	0.573	-0.1	-0.68	-1	-0.9	-0.47
0.758	0.965	0.345	-0.57	-1	-0.47	0.461	1	0.712
0.226	0.548	0.785	0.96	1	0.896	0.675	0.395	0.138
0.489	0.908	0.947	0.539	-0.1	-0.74	-1	-0.81	-0.346
0.722	0.959	0.335	-0.59	-0.9	-0.34	0.592	1	0.575

Висновки

Методом початкових параметрів проведені розрахунки частот і форм коливань стрижнів в широкому діапазоні зміни пружності опорних закріплень. Приведені розрахунки частот і форм поперечних коливань пружно закріплених стрижнів можуть використовуватись як довідкові дані при інженерних розрахунках.

Список використаної літератури

1. *Ананьєв И.В., Колбин Л.М., Серебрянский Н.Т.* Динаміка конструкцій ЛА, М., Машиностроение, 1972.-416с.
2. *Справочник по динамике сооружений.* Под ред. *Б. Г. Коренева, И. М. Рабиновича.* М., Стройиздат, 1972.-511с.
3. *Динник А.Н.* Продольный изгиб и кручение. АН СРСР., М., 1955.-392с.
4. *Павловский М.А., Чемерис А. Н., Дидковский Д.С.* К методу начальных параметров при изгибных колебаниях балок с шарнирами и осцилляторами. К.: Проблемы прочности, №12, 1982.
5. *А.Н. Чемерис.* Колебания балок с промежуточными шарнирами. Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XIV международной научно-технической конференции. Том 4.-Донецк, 2007. -351с.